

SIMULACION FISICA DE UN MODELO BIOLOGICO

ELECTRORRECEPCION

DIEGO ALBERTO PARRA GARZON
CODIGO 20031135053

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACION
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN FISICA

BIOFISICA

OBJETIVOS

* Describir la profunda relación que tienen los sistemas biológicos con los modelos físicos en animeles que tienen órganos que producen sentidos tan asombrosos como la electrorrecepción.
* Montar un sistema físico que simule el sentido biológico

RESUMEN

Los peces son el grupo más antiguo y más diverso en la actualidad, dentro de los gnatostomos, es decir, los vertebrados mandibulados. Suponen el 50% de las especies de vertebrados actuales, siendo por tanto un grupo muy diverso, en longitudes, pesos, habitats, alimentación... esto conlleva que sean un grupo muy variado en cuanto a la organización de su sistema nervioso.

Así es posible especular que los peces son un reflejo de los diferentes caminos evolutivos, en los cuales por tanto, estarán presentes la mayor parte de las estrategias neurales posibles.

Los animales están expuestos a múltiples formas de energía, y tienen estructuras, celulares o histológicas, que reciben y responden ante cambios en dichas formas de energía, modulando su estado de excitación .



Las variaciones del nivel de excitación sirven al sistema nervioso como información para generar una respuesta a las variaciones energéticas/ambientales.



Ningún animal responde a todas las formas de energía, ni cubre tampoco todos los rangos de los distintos parámetros de cada tipo de energía, es decir, los sistemas sensoriales son selectivos. De esta forma, entre las modalidades sensoriales típicas de animales acuáticos está la electrorrecepción, que consiste en detectar diferencial de potencial eléctrico a través de la piel.



Ya exclusiva de los peces es la propiedad de generar por sí mismos descargas eléctricas, gracias a la presencia del "OE", órgano eléctrico.

SISTEMA ELECTRO SENSORIAL

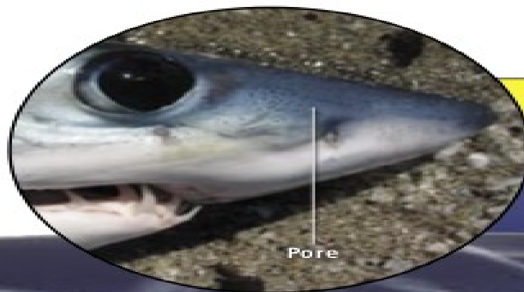
Se estima que el 30% de los peces tienen propiedades electrorrecepctivas, y por tanto presentan respuestas comportamentales desencadenadas por estímulos eléctricos, y la proporción del tejido nervioso dedicada al procesamiento de la información mandada por los electrorreceptores, pone de manifiesto que dentro de este 30% hay algunas especies en las cuales la electrorrecepción ocupa un lugar prioritario.

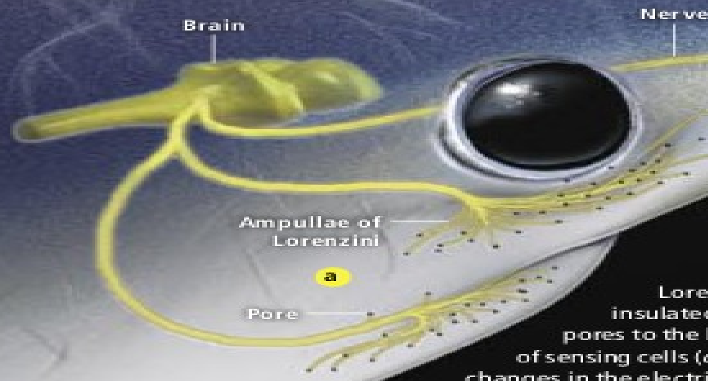
Se distingue entre dos tipos de electrorrecepción, la pasiva que es la que está más extendida, y la activa, que es la específica de los peces eléctricos.



El gran tiburón azul de tres metros de largo husmeando la sangre del pez torpedo.

El señor Douglas Field y su esposa Melanie, estaban viendo un circulo de 7 metros de radio con tiburones grandes alrededor del bote Boston Waler; cuando un hocico azul plateado golpeo el bote y vieron que los tiburones no se sentían tan atraídos por la sangre como por "los impulsos eléctricos" el bote. El tiburón golpeaba el bote con el hocico y volvía al océano junto con las carnadas que habían puesto. Esto les dio una razón para pensar que había otra cosa que atraía a los tiburones y que no era la sangre; es algo raro, por eso esta investigación se basa en un sexto y misterioso sentido que los tiburones poseen y que los hace extremadamente sensibles a los campos eléctricos; pero ¿cómo ellos podían usar este único y fabuloso sentido?; ¿como podían usarlo?. Las bases moleculares de esta habilidad, es que persiguen otras preguntas: ¿cómo se formaron estos órganos tan sensibles durante su desarrollo y si lo tenían sus ancestros vertebrados para detectar campos eléctricos en todo el basto océano.





Tiburones y especies relativas son extremadamente sensibles a campos eléctricos generados por otros animales dentro del agua gracias a los miles y miles de detectores especializados en su hocico, llamados ampolla de Lorenzini.

SENTIDOS ESCONDIDOS

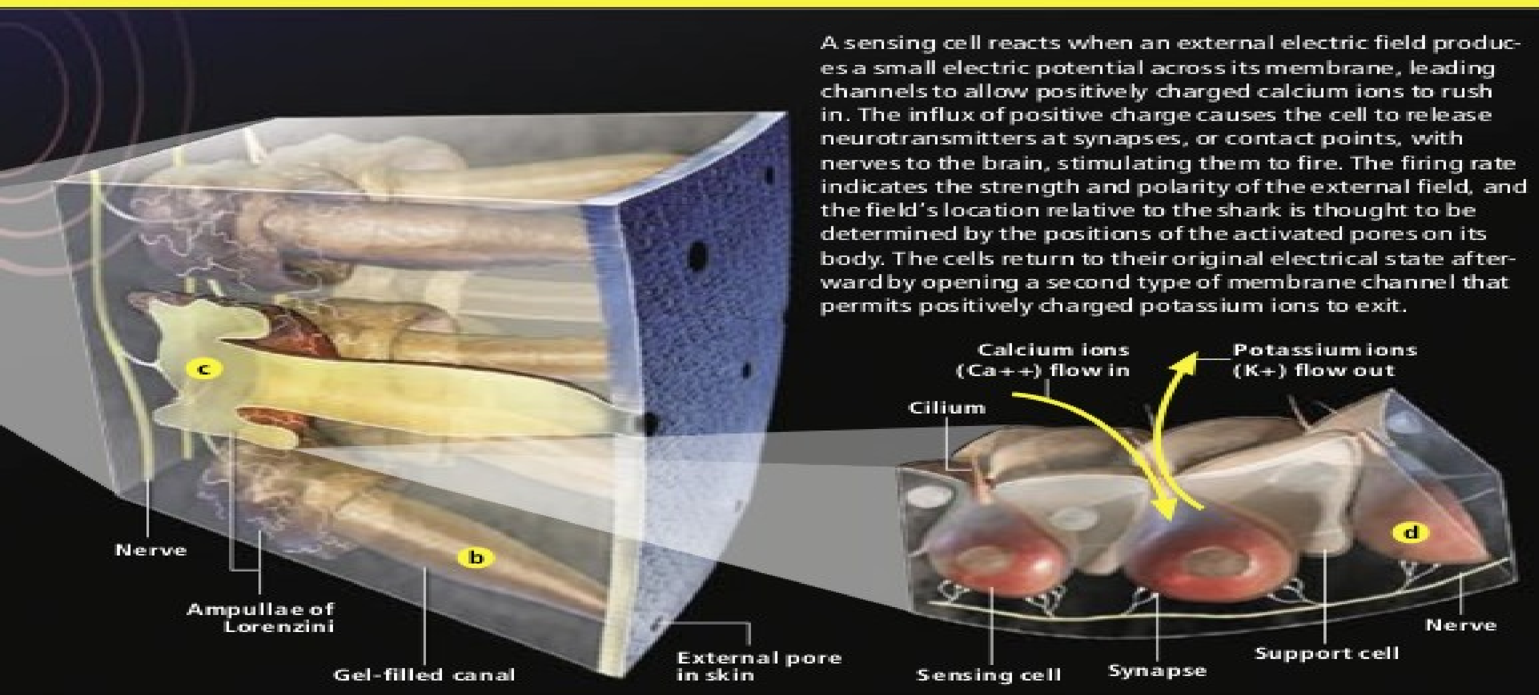
millones de voltios a través de centímetros de agua oceánica pueden ser distinguidos por el tiburón. Esto es equivalente a detectar un gradiente de una pila de 1,5 voltios AA con uno de sus polos en melgar y el otro en el río magdalena en honda.

CIENTÍFICOS AMERICANOS

la historia comienza en 1678 cuando el anatomista Italiano Lorenzini Stefano describe poros de manchas en la parte delantera de la cabeza de tiburones y rayas. Ellos notaron que los poros concentrados en la boca y montados algunos en la parte del hocico, al abrirlo encontraron un largo tubo trasparente que estaba lleno de un gel cristalino. Estos tubos eran pequeños y delicados, pero otros eran de un diámetro como el de una pasta de espagueti anchos y largos. En lo profundo de la cabeza.

Ellos consideraron y rechazaron la posibilidad de que esos poros fueran de un pez de cuerpo fangoso. Pero ninguno dio una explicación a lo que eran esos poros ni de su función hasta cientos de años después; hasta el siglo 19 cuando lo llamaron poros de línea lateral y que estos los tenían a lo largo de variadas especies de peces y anfibios; y estos detectaban desplazamientos en los cambios de agua.

En peces, estos poros y líneas consistían en escalas especializadas y cuando estos se abrían podían detectar pequeñas variaciones en los rayos de luz dentro de la cabeza. Estos largos y anchos lentes especializados los llamaron pelos de celdas extendidas y estas proyectaban por la cilia dentro del tubo cualquier movimiento de luz en el agua. Estas también detectaban pequeñas variaciones de campos dentro y fuera del agua. Esta reacción excitaba nervios, que se transformaban en información en el cerebro acerca de la dirección y el desplazamiento del agua. Gracias a análisis con microscopios demostraron que los poros en el hocico del tiburón eran estructuras inusuales e increíble que aun hoy en día se llaman ampollas de Lorenzini. Y este fue tomado como un órgano o sentido fuera de los conocidos.





Las sensibles celdas reaccionan a campos eléctricos externos producidos por pequeños potenciales a lo largo de esta membrana. Estos canales están cargados con iones positivos de Calcio, estos se arrebatan e influyen en la relajación de la cela y causa que los neurotransmisores en la sinapsis entren en contacto, con nervios dentro del cerebro. Igual que un circuito eléctrico con puntos comunes. Estas descargas indican la fuerza y la polaridad del campo externo, y los campos de localización del tiburón en ciertos puntos ubicado en el cuerpo del tiburón estos son los que activan los poros en el cuerpo. La celda de retorno es el estado eléctrico orinal después de abrirse, el canal de la segunda membrana que permite cargar positivimanete los iones de potasio para que salgan.

[SCENARIO]

SHARK SENSES ON THE HUNT

Sharks employ all their senses when they hunt and feed, but different sense organs predominate during different parts of the chase.

1. At great distances from potential prey, smell and hearing typically come into play; a wounded, and thus vulnerable, fish would likely leave a bloody scent trail and might make noise when thrashing around in distress.

Ear

Brain

Nose

2. As the predator swims closer to its quarry, its vision, ability to taste the water and ability to detect water displacement caused by movement (known as its lateral line sense) become more important.

Lateral line

Electrosensors

3. During the terminal phase of an attack, when a shark is less than a meter away from its food, electroreception becomes the primary way for it to precisely locate its target and orient its jaws for a successful bite. The shark drives in for the kill.

AMADEO BACHAR

➡ MORE TO EXPLORE

The Electric Sense of Sharks and Rays. A. J. Kalmijn in *Journal of Experimental Biology*, Vol. 55, pages 371–383; 1971.

Electroreception in the Ratfish (*Hydrolagus colliei*). R. D. Fields and G. D. Lange in *Science*, Vol. 207, pages 547–548; 1980.

Ampullary Sense Organs, Peripheral, Central and Behavioral Electroreception in Chimaeras (*Hydrolagus*, *Holocephali*, *Chondrichthyes*). R. D. Fields, T. H. Bullock and G. D. Lange in *Brain, Behavior and Evolution*, Vol. 41, pages 269–289; 1993.

Electroreception. T. H. Bullock, C. D. Hopkins, A. N. Popper and R. R. Fay. Springer Press, 2005.

SENTIDOS PARA CAZAR DEL TIBURON

Los tiburones emplean todos estos sentidos cuando ellos casan o comen, por diferentes órganos sensoriales predominantes durante diferentes partes de su casa:

1, A grandes distancias víctimas potenciales, utilizan típicamente el olfato para alguna víctima herida, esto le indica que la víctima es vulnerable.

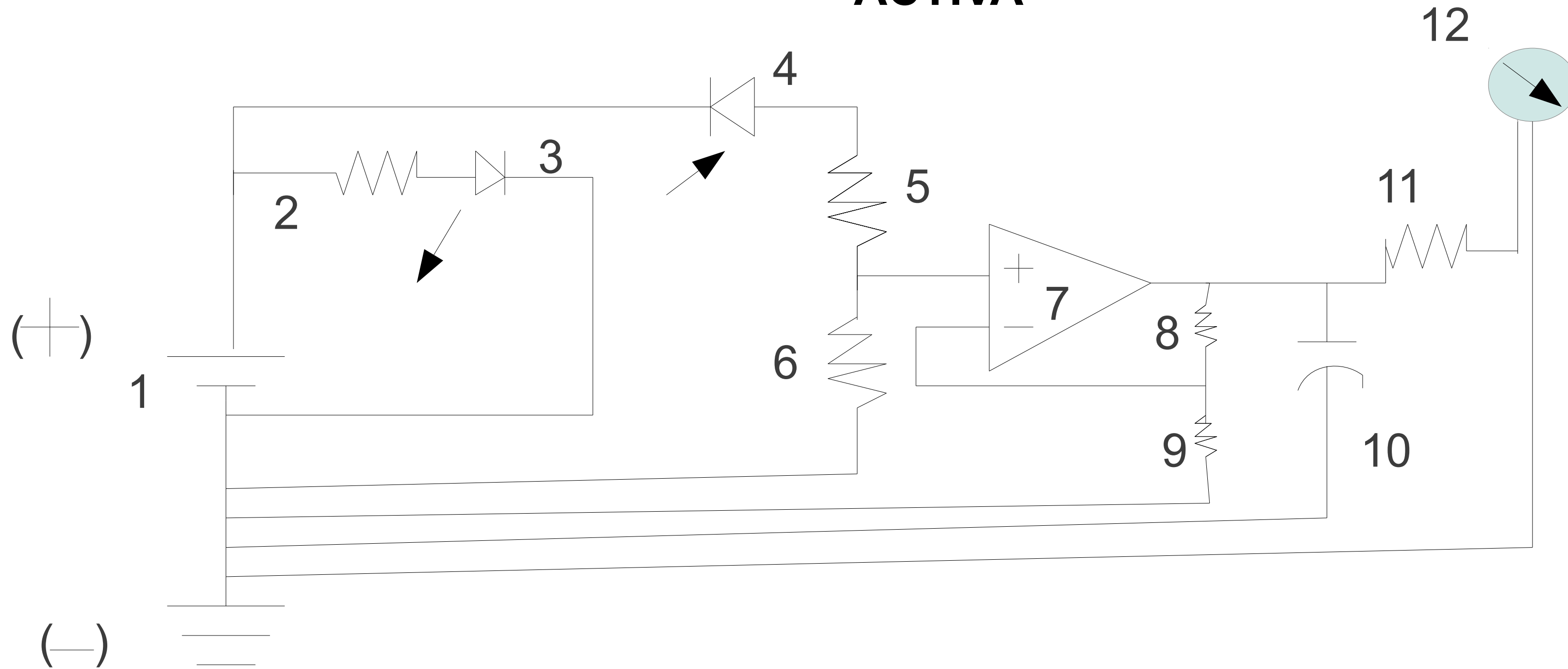
2, Si hay agua turbia o tiene poca visión el tiburón usa la línea lateral para medir diferencias de presiones para cazar a su presa.

3. El tiburón utiliza las manchas de su hocico y debajo de sus ojos conocidas como las ampollas de Lorenzini, para ubicar a su presa debido a diferencia de potenciales eléctricos; estos órganos son muy sensibles y poderosos, además también los utiliza para detectar potenciales eléctricos fijos que le indican su hogar.

SIMULACION FISICA DEL MODELO BIOLOGICO

Para esta simulación lo primero que debemos saber es que replicar el sentido de la electrorrecepción es posible gracias a las personas que montaron la base de la física de la electricidad y el magnetismo como Maxwell, J. J. Thopmsom, Henrys Hertz, y gracias al descubrimiento de nuevas propiedades en los materiales los cuales hacen posible hacer oscilación del orden del infrarrojo hasta el ultravioleta y poder amplificar pequeñas corrientes hasta cientos de veces.

CIRCUITO QUE SIMULA LA ELECTRORRECEPCION ACTIVA

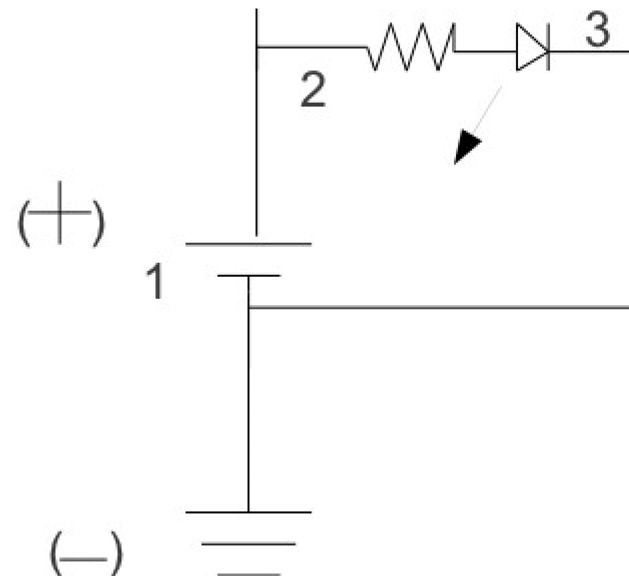


1. Fuente Generadora.
2. Resistencia de 323 Ohms.
3. Diodo Emisor Infrarrojo.
4. Diodo Receptor Infrarrojo.
5. Resistencia de 2.96 KOhms.
6. Reóstato de 10.28 KOhms.
7. Transistor que fue Reemplazado por un Integrado LM324.
8. Resistencia de 2.68 KOmhs.
9. Resistencia de 11.95 KOhms.
10. Capacitor Cilindrico de 10 MicroFaradios Voltaje max 50 V.
11.resistencia de 2.96 kOhms.
12. Voltimetro o Galvanometro

SIMILITUD CON EL MODELO BIOLOGICO “Circuito Emisor”

En el circuito entre 1, 2 y 3 es donde se genera la onda electromagnética que sale del diodo emisor infrarrojo Esta onda viaja hasta encontrar algún obstáculo que la obliga hacer reflexión y devolverse. En el proceso de ir y volver pierde energía según la distancia a la que se encuentre el objeto, según el material y el color del objeto.

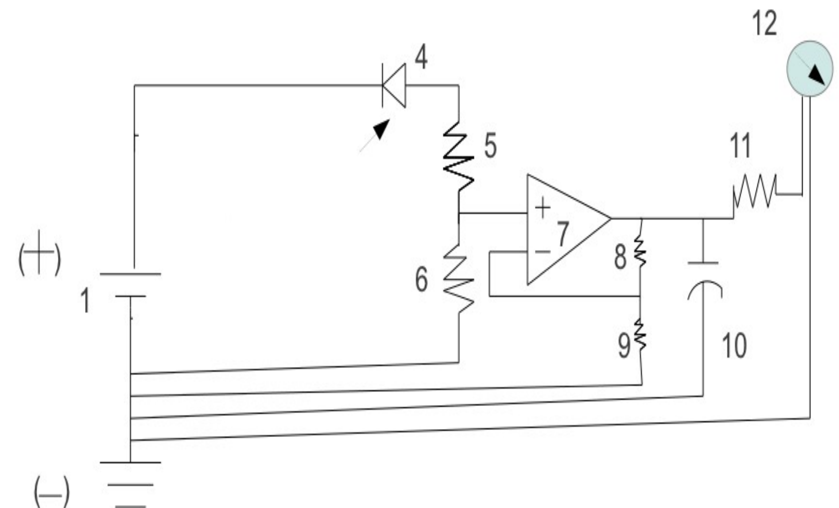
Este hace las veces de la celda de soporte que emite iones de potasio positivos los cuales son los encargados de identificar potenciales específicos como el de donde se encuentra su hogar y el de ubicar puntos específicos de la ubicación de la presa.



CIRCUITO RECEPTOR

En el circuito 4, 5, 6, 7 encontramos el diodo receptor infrarrojo con una resistencia para disminuir la cantidad de corriente que llega al amplificador ya sea el transistor o el integrado, con resistencia variable para calibrar la entrada de corriente al amplificador. Este va conectado a 8, 9, 10. donde va un condensador cilíndrico el cual junto con el amplificador hace las veces de un dieléctrico en un capacitor de placas paralelas. El voltímetro entre el condensador cilíndrico y la tierra mide la cantidad de energía guardada en el capacitor y como esta depende de la distancia que viaja la onda y vuelve, lo hace perfecto para medir distancias y coeficientes de absorción en los materiales al compararlos entre otros materiales a las mismas distancias.

El cual hace las veces de la ampolla de Lorenzini donde al pasar a través del poro libera los iones positivos de calcio y que la celda sensible los amplifica comunicando la señal con la sinapsis la cual viaja a través de los nervios al cerebro indicándole al tiburón donde se encuentra la presa o un punto potencial fijo.



Laboratorio Casero

Con ayuda del voltímetro, una fuente y una cinta métrica se pretenderá medir el voltaje de salida del amplificador vs. la distancia que viaja la onda.

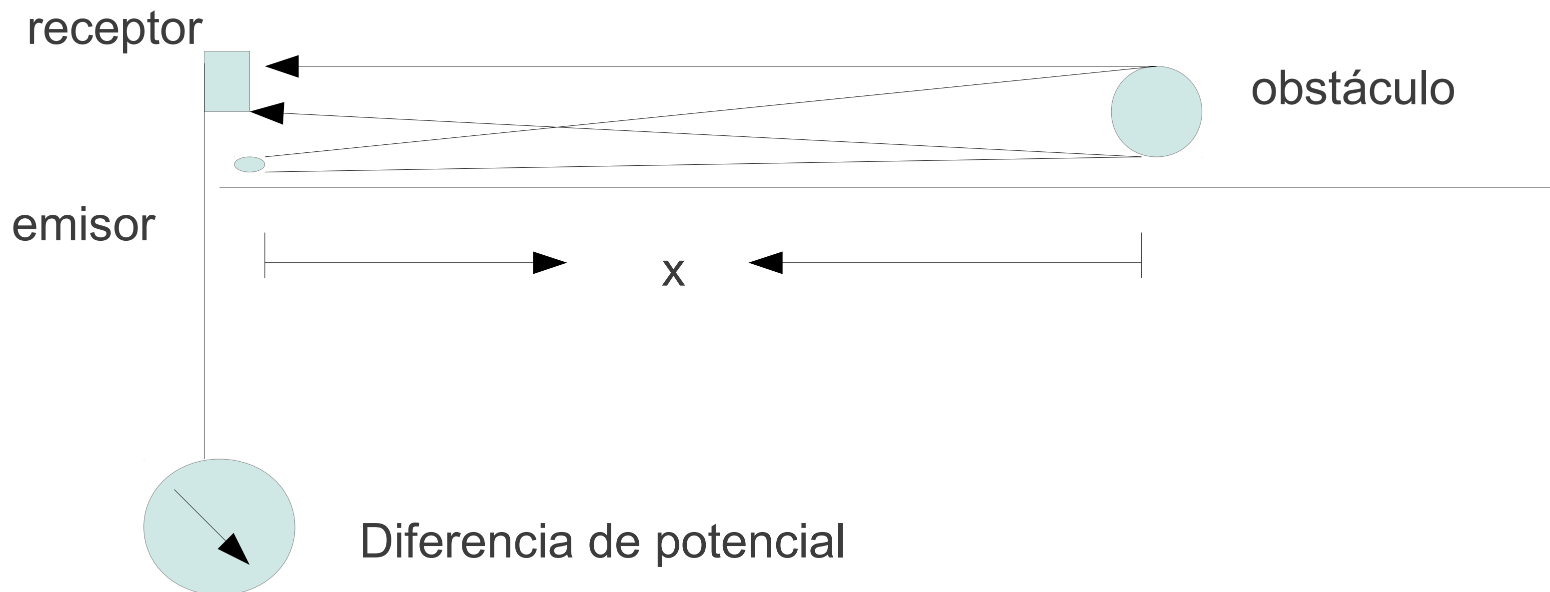
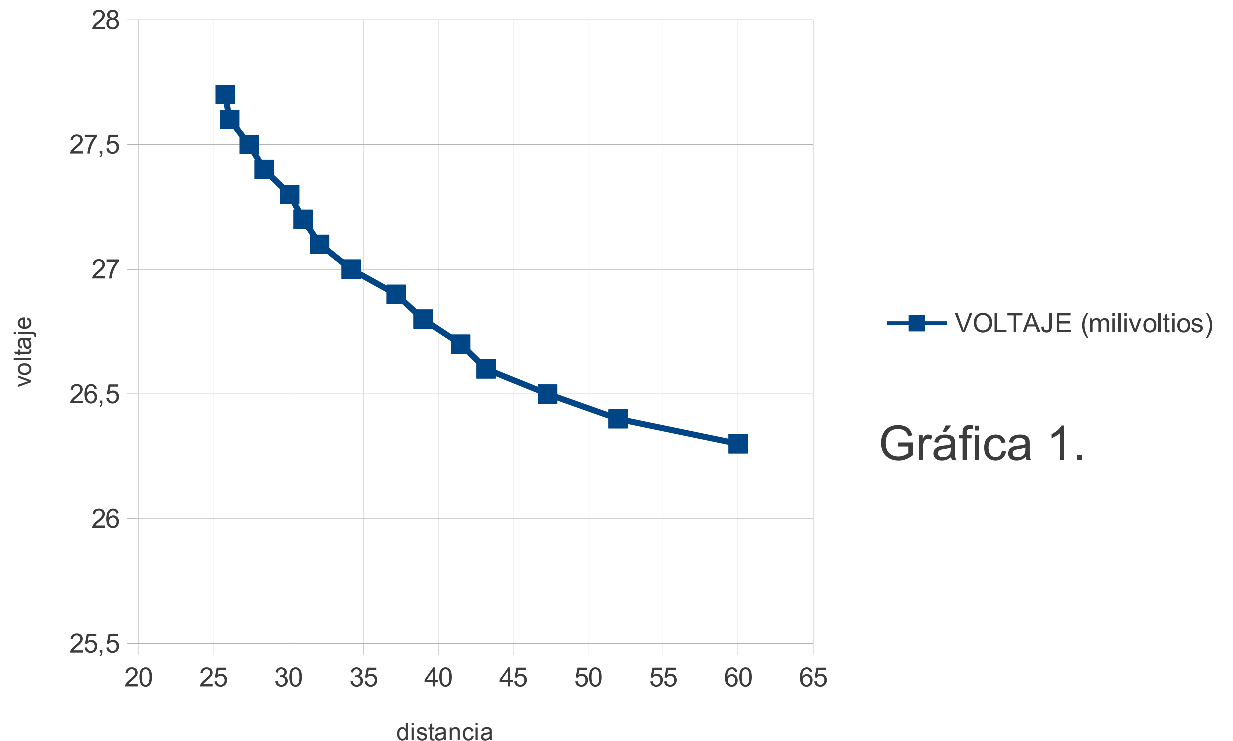


Tabla de datos de voltaje vs distancias

DISTANCIA (cm)	VOLTAJE (milivoltios)
60	26,3
52	26,4
47,3	26,5
43,2	26,6
41,5	26,7
39	26,8
37,2	26,9
34,2	27
32,1	27,1
31	27,2
30,1	27,3
28,4	27,4
27,4	27,5
26,1	27,6
25,8	27,7

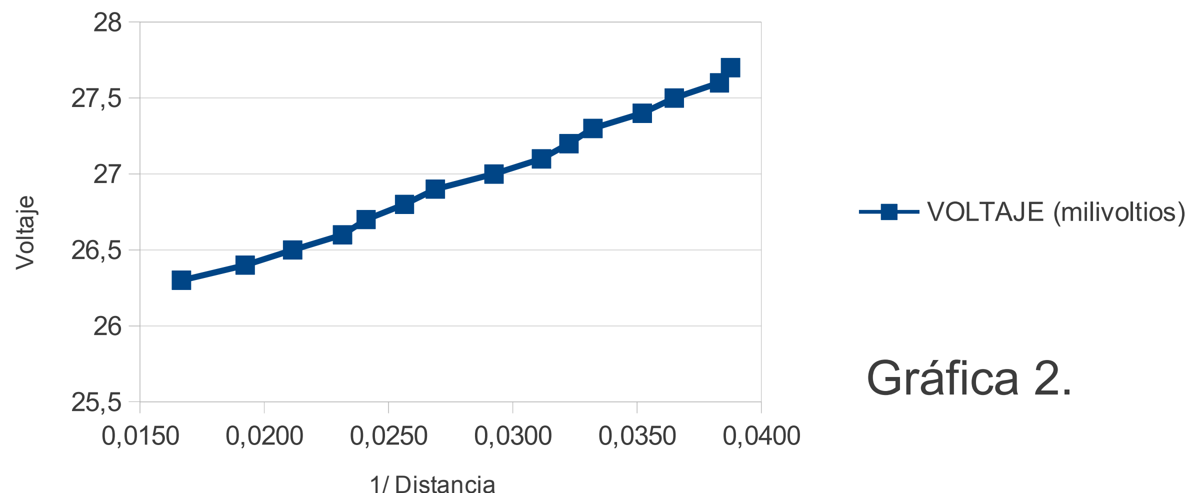


Gráfica 1.

Los datos de esta gráfica se tomaron siendo las 19:00 horas con un ruido provocado por la radiación infrarroja producida por las lamparas; la fuente era de 3 Voltios con una corriente de 0,01 Amperios

Tabla de Voltaje vs 1/Distancia

1/ Distancia	VOLTAJE (milivoltios)
0,0167	26,3
0,0192	26,4
0,0211	26,5
0,0231	26,6
0,0241	26,7
0,0256	26,8
0,0269	26,9
0,0292	27
0,0312	27,1
0,0323	27,2
0,0332	27,3
0,0352	27,4
0,0365	27,5
0,0383	27,6
0,0388	27,7



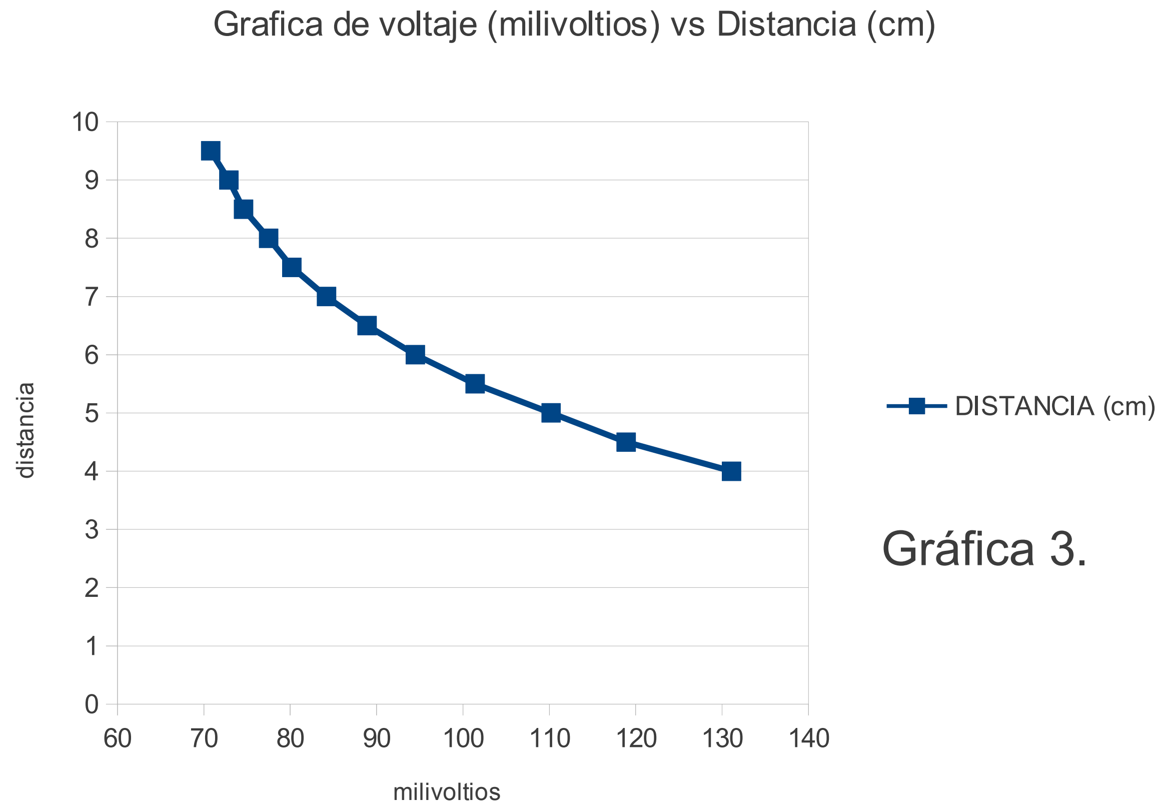
Gráfica 2.

Al hacer la gráfica de voltaje vs 1/distancia obtenemos casi una linea recta debido a que a medida que aumenta el voltaje también lo hace 1/ distancia; al ser casi una linea recta podemos hacer una aproximación para la ecuación de una linea recta dando como resultado que tiene una pendiente de 63,3684210526 (milivoltios / cm) y su Voltaje inicial es de (-25,24milivoltios).

Y la ecuación para encontrar la distancia es (63,3684210526) / (V—25,24milivoltios) = Distancia

Tabla de datos de voltaje vs distancias

VOLTAJE (milivoltios)	DISTANCIA (cm)
131,1	4
118,9	4,5
110,2	5
101,4	5,5
94,5	6
88,9	6,5
84,2	7
80,2	7,5
77,5	8
74,6	8,5
72,9	9
70,8	9,5

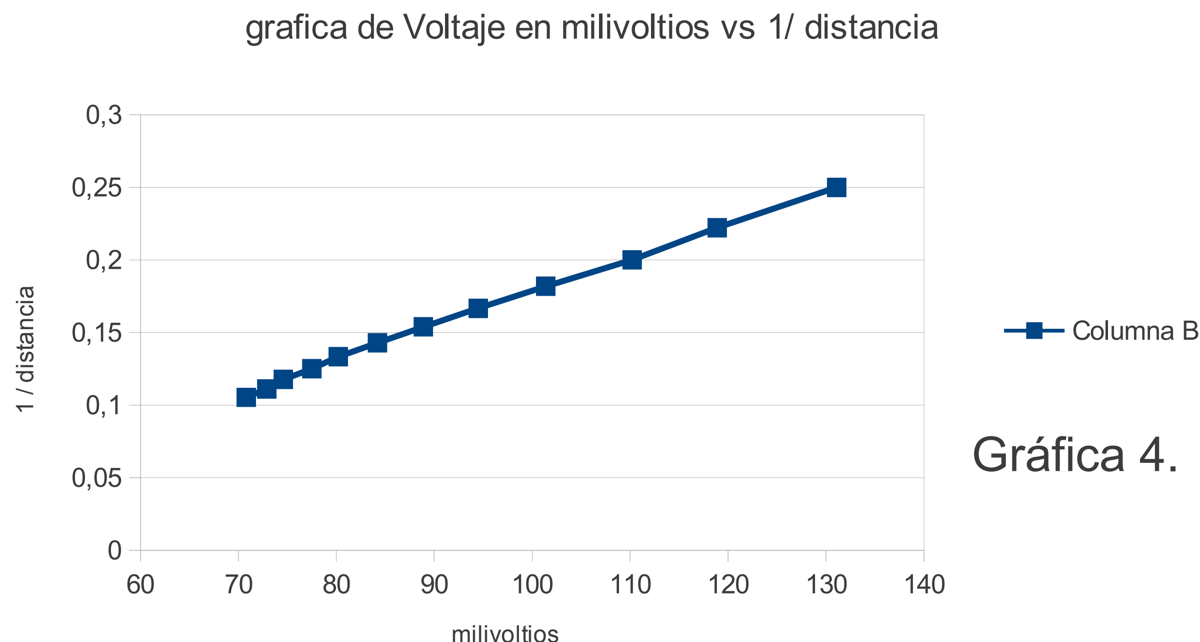


Gráfica 3.

Los datos de esta gráfica se tomaron siendo las 12:00 pm horas; con un ruido provocado por la radiación infrarroja producida por las lamparas y por el sol; la fuente era de 8 Voltios con una corriente de 0,02 Amperios

Tabla de Voltaje vs 1/Distancia

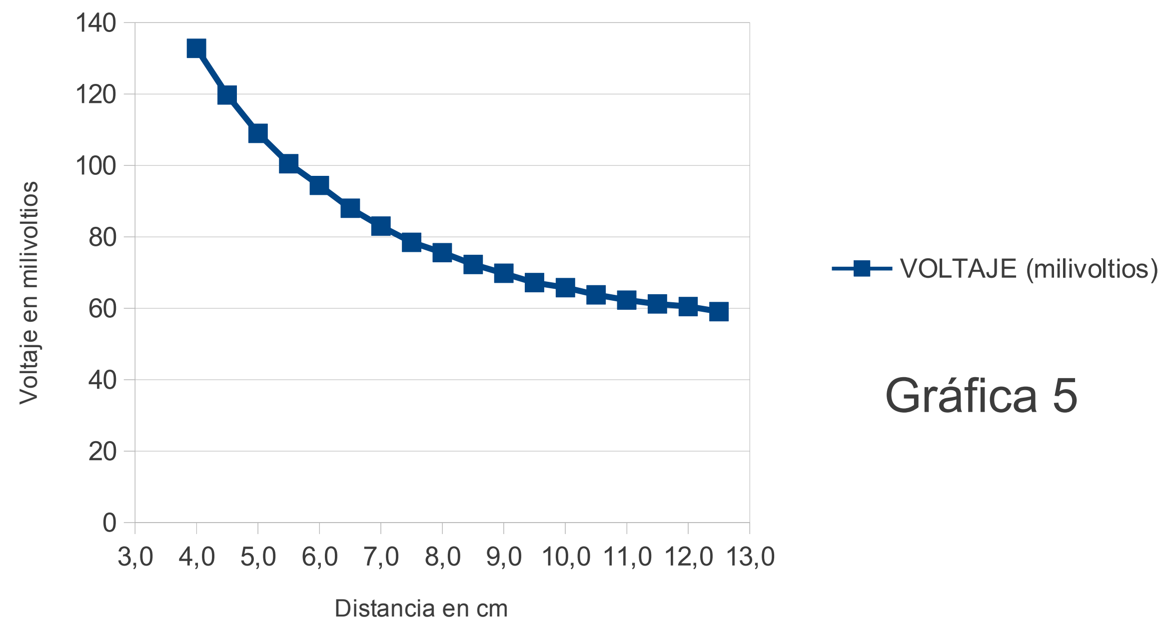
VOLTAJE (milivoltios)	1/ Distancia
131,1	0,25
118,9	0,2222222222
110,2	0,2
101,4	0,1818181818
94,5	0,1666666667
88,9	0,1538461538
84,2	0,1428571429
80,2	0,1333333333
77,5	0,125
74,6	0,1176470588
72,9	0,1111111111
70,8	0,1052631579



Gráfica 4.

Al hacer la gráfica de voltaje vs 1/distancia obtenemos casi una linea recta debido a que a medida que aumenta el voltaje también lo hace 1/ distancia; en este caso tenemos una seria inconsistencia debido a que al realizar la ecuación de linea recta los valores no cuadran, pero esto es debido a la hora del dia en que se tomo ya que las nubes al interponerse entre el sol hacen que disminuya la cantidad de ruido infrarrojo y esto afecta los datos.

TABLA DE DISTANCIA VS VOLTAJE



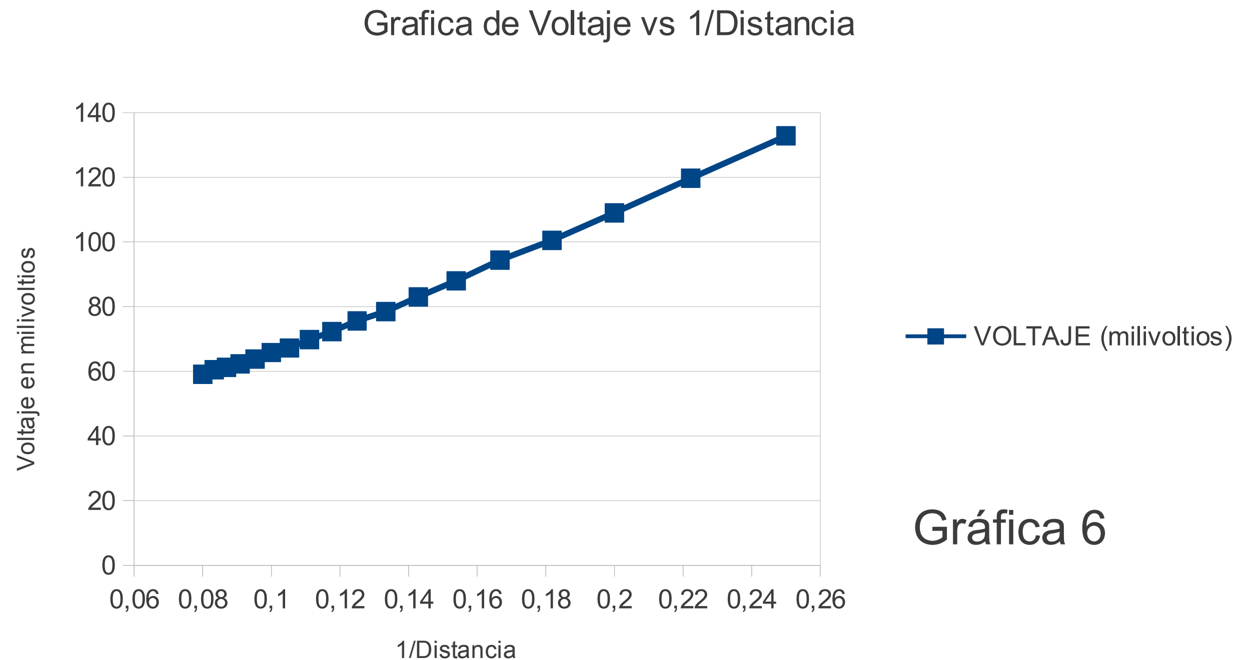
Gráfica 5

Los datos de esta gráfica se tomaron siendo las 14:00 horas con un ruido provocado por la radiación infrarroja producida por las lamparas, y la radiación solar; la fuente era de 8 Voltios con una corriente de 0,02 Amperios

Distancia	VOLTAJE (milivoltios)
4,0	132,8
4,5	119,7
5,0	109
5,5	100,5
6,0	94,4
6,5	88
7,0	83
7,5	78,5
8,0	75,6
8,5	72,3
9,0	69,8
9,5	67,2
10,0	65,8
10,5	63,8
11,0	62,3
11,5	61,2
12,0	60,5
12,5	59,1

Tabla de Voltaje vs 1/Distancia

1/DISTANCIA	VOLTAJE (milivoltios)
0,25	132,8
0,2222222222	119,7
0,2	109
0,1818181818	100,5
0,1666666667	94,4
0,1538461538	88
0,1428571429	83
0,1333333333	78,5
0,125	75,6
0,1176470588	72,3
0,1111111111	69,8
0,1052631579	67,2
0,1	65,8
0,0952380952	63,8
0,0909090909	62,3
0,0869565217	61,2
0,0833333333	60,5
0,08	59,1



Gráfica 6

Al hacer la gráfica de voltaje vs 1/distancia obtenemos casi una linea recta debido a que a medida que aumenta el voltaje también lo hace 1/ distancia; en este caso tenemos una seria inconsistencia debido a que al realizar la ecuación de linea recta los valores no cuadran, pero esto es debido a la hora del dia en que se tomo ya que las nubes al interponerse entre el sol hacen que disminuya la cantidad de ruido infrarrojo y esto afecta los datos.

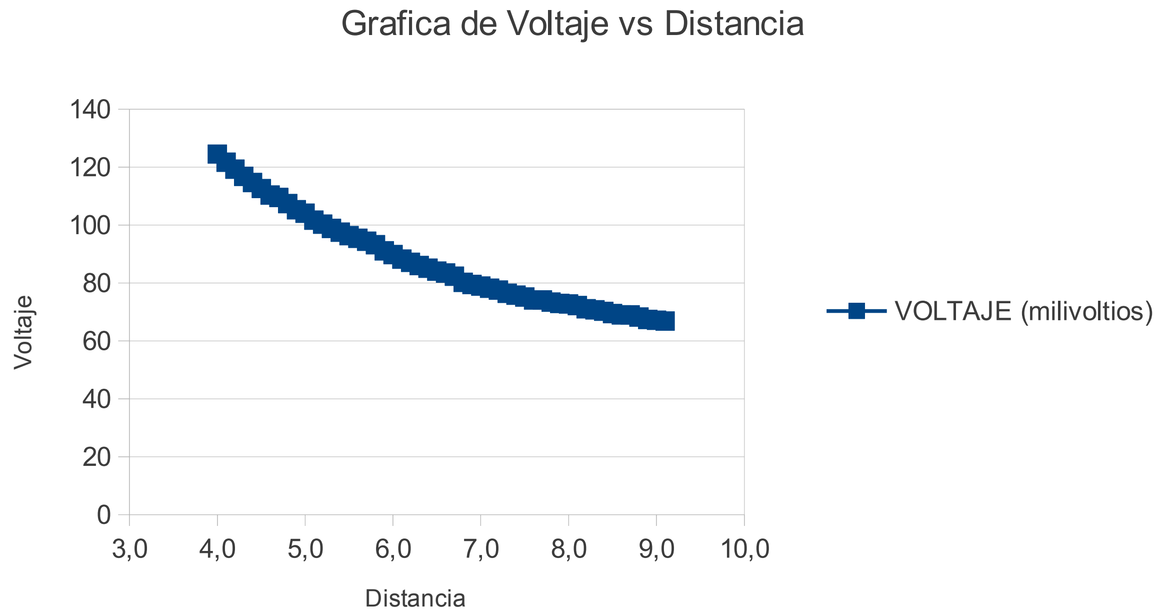
Tabla de datos de voltaje vs distancias

Distancia	VOLTAJE (milivoltios)
4,0	124,5
4,1	121,7
4,2	119,3
4,3	116,8
4,4	114,7
4,5	112,6
4,6	110,3
4,7	109,5
4,8	107,4
4,9	105,3
5,0	104,1
5,1	101,7
5,2	100,3
5,3	98,8
5,4	97,5
5,5	96,3
5,6	95,4

Distancia	VOLTAJE (milivoltios)
5,7	94,4
5,8	93,2
5,9	91,1
6,0	89,8
6,1	88,2
6,2	87,1
6,3	86
6,4	85,1
6,5	84,1
6,6	83,4
6,7	82,3
6,8	80,2
6,9	79,5
7,0	78,9
7,1	78,2
7,2	77,5
7,3	76,4
7,4	75,8
7,5	75,1

Distancia	VOLTAJE (milivoltios)
7,6	74,1
7,7	74,1
7,8	73,4
7,9	72,9
8,0	72,7
8,1	72,2
8,2	71,1
8,3	70,7
8,4	70,2
8,5	69,4
8,6	69
8,7	69
8,8	68,2
8,9	67,4
9,0	67,1
9,1	66,8

GRAFICA DE VOLTAJE EN MILIVOLTIOS VS DISTANCIA



Gráfica 7

Los datos de esta gráfica se tomaron siendo las 15:00 pm horas; con un ruido provocado por la radiación infrarroja producida por las lamparas y por el sol; la fuente era de 8 Voltios con una corriente de 0,02 Amperios

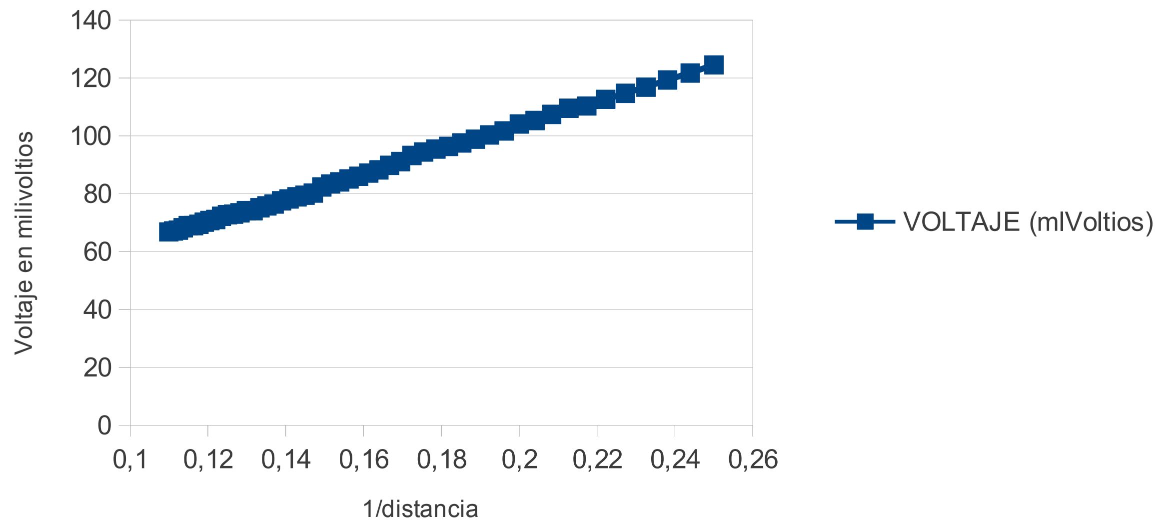
TABLA DE VOLTAJE EN MILIVOLTIOS VS 1/DISTANCIA

1/Distancia	VOLTAJE (mlVoltios)
0,25	124,5
0,243902439	121,7
0,2380952381	119,3
0,2325581395	116,8
0,2272727273	114,7
0,2222222222	112,6
0,2173913043	110,3
0,2127659574	109,5
0,2083333333	107,4
0,2040816327	105,3
0,2	104,1
0,1960784314	101,7
0,1923076923	100,3
0,1886792453	98,8
0,1851851852	97,5
0,1818181818	96,3
0,1785714286	95,4
0,1754385965	94,4

1/Distancia	VOLTAJE (mlVoltios)
0,1724137931	93,2
0,1694915254	91,1
0,1666666667	89,8
0,1639344262	88,2
0,1612903226	87,1
0,1587301587	86
0,15625	85,1
0,1538461538	84,1
0,1515151515	83,4
0,1492537313	82,3
0,1470588235	80,2
0,1449275362	79,5
0,1428571429	78,9
0,1408450704	78,2
0,1388888889	77,5
0,1369863014	76,4
0,1351351351	75,8
0,1333333333	75,1
0,1315789474	74,1
0,1298701299	74,1

1/Distancia	VOLTAJE (mlVoltios)
0,1282051282	73,4
0,1265822785	72,9
0,125	72,7
0,1234567901	72,2
0,1219512195	71,1
0,1204819277	70,7
0,119047619	70,2
0,1176470588	69,4
0,1162790698	69
0,1149425287	69
0,1136363636	68,2
0,1123595506	67,4
0,1111111111	67,1
0,1098901099	66,8

GRAFICA DE VOLTAJE EN MILIVOLTIOS VS DISTANCIA



Gráfica 8

Los datos de esta gráfica se tomaron siendo las 13:00 pm horas; con un ruido provocado por la radiación infrarroja producida por las lamparas y por el sol; la fuente era de 8 Voltios con una corriente de 0,02 Amperios

CONCLUSIONES

* La física y la biología que hay dentro de cada animal en la naturaleza es asombrosa, hay animales que poseen sentidos tan asombrosos que no hubieran sido posibles de crear sino por el proceso de evolución osea prueba y error.

* El tiburón es un animal increíble, dotado de muchos y variados sentidos, muy especializados que le ayudan a ubicarse y ubicar sus víctimas en toda circunstancia dentro del océano.

* Es posible simular un sentido tan avanzado como lo es la electrorrecepción.

* La electrorrecepción es un sentido que todo humano quisiera tener tal ves en un futuro no muy lejano con los grandes avances en la tecnología y los materiales esto sera posible.

BIBLIOGRAFIA

* El pez eléctrico y el descubrimiento de la electricidad animal Chau H. Wu.
* **Alves-Gomes J.** (1999) Systematic Biology of Gymnotiform and Mormyriform Electric Fishes: Phylogenetic Relationships, Molecular Clocks and Ratres of Evolution in the Mitochondrial rRNA Genes. The Journal of Experimental Biology 202:1167–1183.
* **Arnegard M., Carlson B.** (2005) Electric organ discharge patterns during group hunting by a mormyrid fish. Proceedings of the Royal Society B. 272:1305–1314.
* **Arnegard M., Jackson B.S., Hopkins C.D.** (2006) Time-domain signal divergence and discrimination without receptor modification in sympatric morphs of electric fishes. Journal of Experimental Biology 208:2182–2198.
* **Borde M., Curti S., Comas V., Rivero C.** (2004) Modulación central de un sistema sensorial por un comando motor. Una intención con dos resultados. Rev Neurol 38.
* **Caputi A.** (1999) Aprendiendo neuroiología con los peces eléctricos. Actas de Fisiología 5:109–157.
* El sentido eléctrico en los tiburones An astonishingly sensitive detector of electric fields helps sharks zero in on preyBy R. Douglas Fields se incluye en el cd
* The Electric Sense of Sharks and Rays. A. J. Kalmijn in Journal of Experimental Biology, Vol. 55, pages 371–383; 1971.
* Electroreception in the Rat- fish (Hydrolagus colliei). R. D. Fields and G. D. Lange in Science, Vol. 207, pages 547–548; 1980.
* **Hopkins C.D.** (1995) Convergent designs for electrogenesis and electroreception. Current Opinion in Neurbiology 5:769–777.
* **Hopkins C.D.** (2005) Passive Electrolocation. In *Electroreception*, Eds: Bullock, TH, Hopkins, CD, Popper, AN, and Fay, RR. Springer Handbook of Auditory Research Vol 21. Springer-Verlag. New York., pp. 264-289.
* Aplicaciones de los diodos Capitulo 5 se incluye en el cd
* física de los dispositivos bipolares se incluye en el cd.